

Judul:**IMPLEMENTASI POLA ALIRAN STEADY UNSTEADY PEMODELAN FISIK PADA SALURAN KACA DI LABORATORIUM KEAIRAN UNESA**

Djoni Irianto¹⁾, Falaq Karunia Jaya²⁾, Sony Arifianto²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

ABSTRAK

Tilling flume adalah jenis model saluran air yang merupakan implementasi dari sungai, di mana dengan bantuan dari beberapa pipa dan pompa air, tilling flume bisa mengalirkan air. Metode eksperimen ini menggunakan alat tilling flume, 1 tandon air 2 pompa, pipa pvc diameter 1 dm, 4 katub, 3 penggaris; bahan baku air. Langkah-langkah penelitian, tandon diisi 600 liter air, katup dibuka, pompa dihidupkan, diamati pada 3 titik sampai kedalaman 12 cm dari dasar saluran. Data diolah dengan program excel hingga menghasilkan grafik. Dengan diberikan perlakuan yang berbeda pada pompa, katub, dan dimasukkan rumus, maka dapat menentukan apakah aliran yang terjadi dalam tilling flume adalah aliran steady atau unsteady, jika kecepatan aliran pada suatu titik tertentu tidak berubah terhadap waktu, maka aliran disebut aliran steady. Namun, jika kecepatan berubah terhadap waktu, maka aliran disebut aliran unsteady.

Kata kunci : *Tilling Flume, Steady, Unsteady.*

I. PENDAHULUAN**Latar belakang**

Pemahaman tentang konsep dasar aliran sangat diperlukan untuk mendapatkan informasi yang benar tentang aliran itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan visualisasi yang dapat memperjelaskan pemahaman tentang konsep dasar aliran dalam kesehariannya.

Perilaku aliran bermacam-macam. Aliran dapat dibagi berdasarkan tinjauan jarak ataupun waktu. Untuk lebih memahami tipe-tipe aliran, perlu dilakukan percobaan aliran.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi terjadinya aliran steady dan unsteady.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan jenis aliran pada setiap percobaan di saluran model tilling flume dengan memberikan perlakuan yang berbeda-beda pada pompa dan katub 1 maupun pompa dan katub 2.

Lokasi

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Keairan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kecepatan aliran adalah jarak yang mampu ditempuh oleh partikel zat cair dalam satuan waktu tertentu. Debit aliran adalah jumlah air yang mampu dilewatkan oleh penampang saluran tiap satuan waktu. Hubungan antar debit dan kecepatan aliran (ven Tee Chow, 1993):

$$Q = A \cdot V$$

Keterangan:

Q = Debit Aliran (m³/s)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

Jarak Pengamatan

Dilihat dari tinjauan ini, aliran dibagi menjadi aliran seragam dan non seragam. Aliran seragam adalah aliran dengan parameter aliran (debit, kedalaman, dan kecepatan) sama dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Kondisi ini bisa digambarkan dalam persamaan matematika berikut ini (Triatmodjo Bambang, Irianto Djoni, 2001):

$$\frac{dQ}{dx} = 0, \frac{dh}{dx} = 0, \frac{dv}{dx} = 0$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

h = Kedalaman aliran (m)

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

x = Jarak (m)

Aliran non seragam adalah aliran dengan parameter aliran (debit, kedalaman, waktu) berbeda dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Kondisi ini bisa digambarkan dalam persamaan matematika berikut ini:

$$\frac{dQ}{dx} \neq 0, \frac{dh}{dx} \neq 0, \frac{dv}{dx} \neq 0$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

h = Kedalaman aliran (m)

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

x = Jarak (m)

Waktu

Ditinjau dari waktu, aliran dibagi menjadi aliran *steady* dan *unsteady*. Aliran *steady* adalah aliran dengan parameter alirannya tidak berubah dari waktu ke waktu. Kondisi ini bisa digambarkan dengan persamaan matematika (Frank M White, 1995):

$$\frac{dQ}{dt} = 0, \frac{dh}{dt} = 0, \frac{dv}{dt} = 0$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

h = Kedalaman aliran (m)

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

t = waktu (dtk)

Aliran *unsteady* adalah aliran dengan parameter alirannya berubah dari waktu ke waktu. Kondisi ini bisa digambarkan dengan persamaan matematika:

$$\frac{dQ}{dt} \neq 0, \frac{dh}{dt} \neq 0, \frac{dv}{dt} \neq 0$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

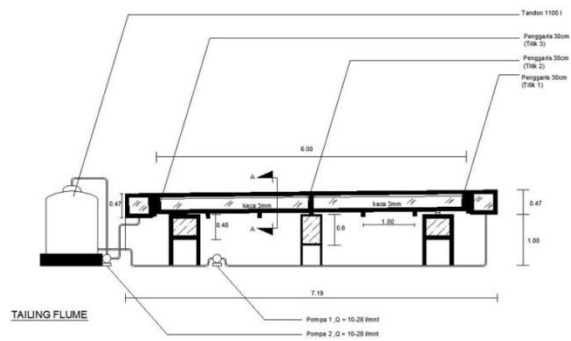
h = Kedalaman aliran (m)

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

t = waktu (dtk)

III. METODE PENELITIAN

1. Sebelum melakukan pengujian fisik pada Tilling Flume, pastikan tidak ada air di hilir, karena dapat mempengaruhi waktu dari percobaan yang lain dan pastikan tidak ada bendung pada alat uji.
2. panjang Tilling Flume adalah 7.19 m sedangkan panjang salurannya adalah 6m dengan kemiringan 0.573°.
3. Tempatkan seseorang pada tiap titik dan seorang lagi untuk mengkomando dan pengoprasian pompa,
4. jika pompa sudah mulai dinyalakan air akan mengalir menuju titik 1 (hulu) kemudian titik 2, dan berakhir dititik 3 (hilir)
5. segera amati mistar pada masing- masing titik, dan catat hasilnya. Kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel.



Gambar. 1 Tilling Flume

Klasifikasi aliran dibagi menjadi 2, yaitu Steady dan Unsteady Flow. Steady flow adalah kecepatan tidak berubah dengan adanya perubahan waktu ($\frac{\delta v}{\delta t} = 0$), sedangkan unsteady flow adalah kecepatan akan berubah dengan adanya perubahan waktu ($\frac{\delta v}{\delta t} \neq 0$).

Pada pola aliran ini akan diketahui nilai $Q_{pompa} = 10$ sampai 28 l/mnt , waktu (t), kedalaman (y), lebar saluran (b), dan panjang saluran (L). Untuk mencari kecepatan (V) menggunakan persamaan : L/t , selanjutnya untuk mencari debit (Q) menggunakan persamaan : $V \times A$. Sedangkan $A = b \times y = 0,21 \times 0,095 = 0,02 \text{ m}$ (pada titik yang ditinjau) Sehingga menghasilkan grafik seperti grafik 1, 2, dan 3.

Tabel 1,2,3 adalah hasil pengamatan dari Tilling Flume dengan Pompa 1 bukaan penuh dan pompa 2 ditutup, pompa 1 bukaan $\frac{3}{4}$ dan pompa 2 ditutup, pompa 1 bukaan $\frac{1}{2}$ dan pompa 2 ditutup, serta pompa 1 bukaan $\frac{1}{2}$ dengan perlakuan, dari data yang ada didapat :

Pada titik 1:

- Bukaan 1 (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses
- Bukaan $\frac{3}{4}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1 tidak terjadi Head Losses
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (Perlakuan) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses
- Bukaan 1 (Pompa 2 = $\frac{1}{2}$) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses.

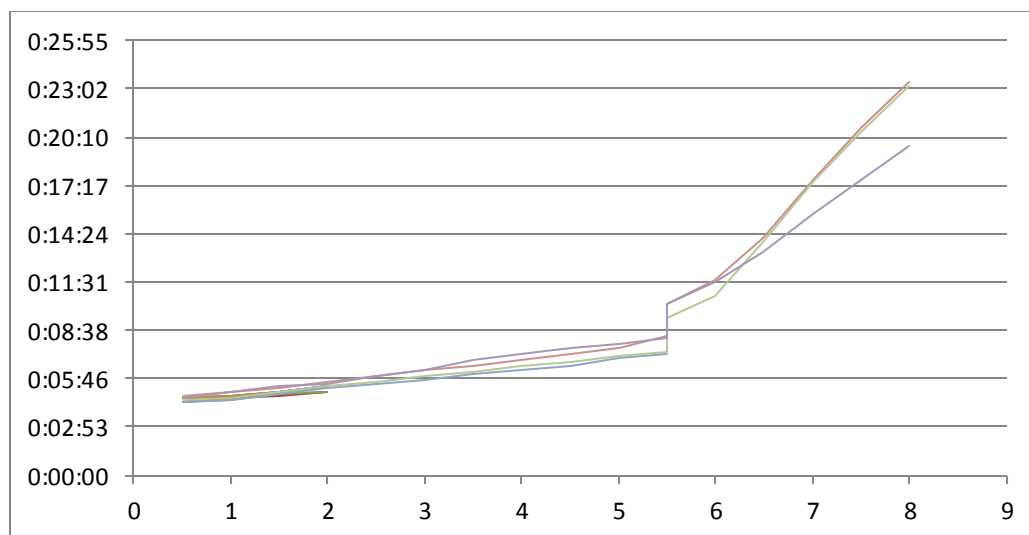
Tabel 1. Pola Aliran Pada Titik 1

Tinggi (cm)	Waktu						
	Bukaan 1			Bukaan 3/4			Bukaan 1/2
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1
0.5	00:04:20	00:04:22	00:04:23	00:04:35	00:04:37	00:04:36	00:04:24
1	00:04:33	00:04:34	00:04:32	00:04:45	00:04:46	00:04:47	00:04:32
1.5	00:04:48	00:04:47	00:04:48	00:04:59	00:04:57	00:04:59	00:04:50
2	00:04:59	00:04:58	00:04:59	00:05:18	00:05:19	00:05:17	00:05:09
2.5							00:05:26
3							00:05:44
3.5							00:06:02
4							00:06:19
4.5							00:06:32
5							00:07:00
5.5							00:07:15

Tabel 2. Pola Aliran Pada Titik 1 (lanjutan)

Tinggi	Waktu
--------	-------

(cm)	Bukaan $\frac{1}{2}$ (Perlakuan)		
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3
0.5	00:04:42	00:04:29	00:04:40
1	00:04:58	00:04:40	00:04:57
1.5	00:05:15	00:04:57	00:05:16
2	00:05:35	00:05:17	00:05:25
2.5	00:05:55	00:05:33	00:05:52
3	00:06:16	00:05:52	00:06:20
3.5	00:06:34	00:06:09	00:06:50
4	00:06:55	00:06:28	00:07:13
4.5	00:07:11	00:06:47	00:07:33
5	00:07:35	00:07:07	00:07:52
5.5	00:08:15	00:07:24	00:08:11
5.5	00:10:15	00:09:24	00:10:11
6	00:11:42	00:10:41	00:11:33
6.5	00:14:07	00:13:58	00:13:18
7	00:17:35	00:17:27	00:15:32
7.5	00:20:41	00:20:29	00:17:35
8	00:23:28	00:23:15	00:19:39



Grafik 1. Hubungan Kenaikan Muka Air Terhadap Waktu Pada Titik 1

Pada titik 2

- Bukaan 1 (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan $\frac{3}{4}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (perlakuan) percobaan 1,2, dan 3 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan 1 (Pompa 2 = $\frac{1}{2}$) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses.

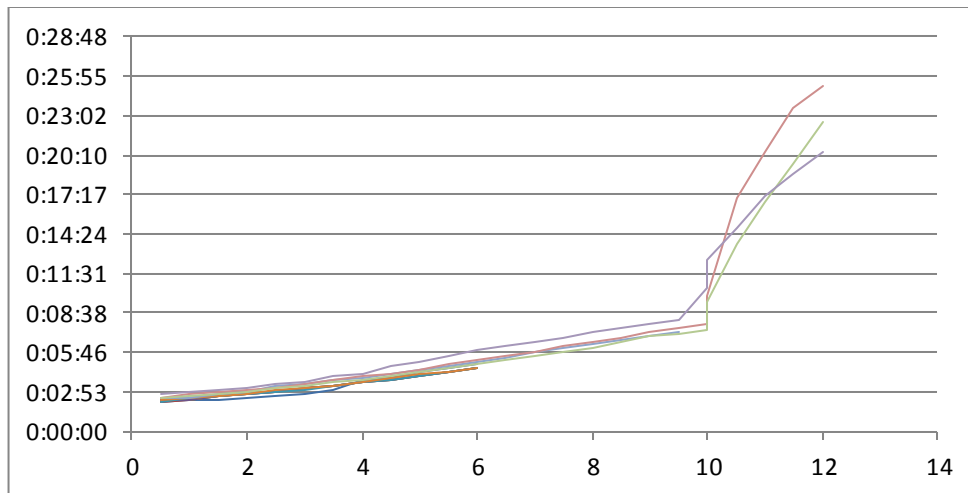
Tabel 3. Pola Aliran Pada Titik 2

Tinggi (cm)	Waktu						
	Bukaan 1			Bukaan $\frac{3}{4}$			Bukaan $\frac{1}{2}$
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1
0.5	00:02:13	00:02:13	00:02:14	00:02:14	00:02:13	00:02:15	00:02:23
1	00:02:16	00:02:16	00:02:18	00:02:18	00:02:24	00:02:23	00:02:29
1.5	00:02:20	00:02:35	00:02:33	00:02:33	00:02:33	00:02:37	00:02:41
2	00:02:26	00:02:45	00:02:44	00:02:44	00:02:43	00:02:47	00:02:52

2.5	00:02:37	00:02:55	00:02:56	00:02:56	00:02:55	00:02:58	00:03:16
3	00:02:48	00:03:08	00:03:09	00:03:09	00:03:03	00:03:10	00:03:29
3.5	00:03:00	00:03:21	00:03:21	00:03:21	00:03:19	00:03:22	00:03:42
4	00:03:41	00:03:33	00:03:32	00:03:32	00:03:33	00:03:37	00:03:57
4.5	00:03:56	00:03:47	00:03:48	00:03:48	00:03:49	00:03:52	00:04:13
5	00:04:19	00:04:03	00:04:03	00:04:03	00:04:02	00:04:07	00:04:32
5.5	00:04:37	00:04:20	00:04:21	00:04:21	00:04:20	00:04:24	00:04:47
6	00:04:56	00:04:37	00:04:39	00:04:39	00:04:39	00:04:41	00:05:08
6.5							00:05:22
7							00:05:45
7.5							00:06:01
8							00:06:22
8.5							00:06:38
9							00:06:54
9.5							00:07:12

Tabel 4. Pola Aliran Pada Titik 2 (lanjutan)

Tinggi (cm)	Waktu		
	Bukaan $\frac{1}{2}$ (Perlakuan)		
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3
0.5	00:02:30	00:02:25	00:02:43
1	00:02:41	00:02:34	00:02:49
1.5	00:02:53	00:02:45	00:03:02
2	00:03:03	00:02:56	00:03:14
2.5	00:03:14	00:03:09	00:03:25
3	00:03:29	00:03:21	00:03:40
3.5	00:03:42	00:03:34	00:04:01
4	00:03:59	00:03:48	00:04:13
4.5	00:04:14	00:04:02	00:04:45
5	00:04:32	00:04:17	00:05:08
5.5	00:04:52	00:04:38	00:05:29
6	00:05:09	00:04:57	00:05:52
6.5	00:05:31	00:05:13	00:06:10
7	00:05:51	00:05:32	00:06:32
7.5	00:06:12	00:05:51	00:06:49
8	00:06:31	00:06:07	00:07:11
8.5	00:06:52	00:06:28	00:07:29
9	00:07:12	00:06:56	00:07:51
9.5	00:07:32	00:07:05	00:08:11
10	00:07:52	00:07:23	00:10:27
10	00:09:52	00:09:23	00:12:27
10.5	00:17:05	00:13:36	00:14:51
11	00:20:20	00:16:41	00:17:06
11.5	00:23:35	00:19:34	00:18:43
12	00:25:14	00:22:31	00:20:23



Grafik 2. Hubungan Kenaikan Muka Air Terhadap Waktu Pada Titik 2

Pada titik 3

- Bukaan 1 (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan $\frac{3}{4}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (Pompa 2 = tutup) percobaan 1 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan $\frac{1}{2}$ (perlakuan) percobaan 1 berakibat pompa bekerja lebih keras karena tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya gravitasi dari tandon.
- Bukaan 1 (Pompa 2 = $\frac{1}{2}$) percobaan 1,2, dan 3 tidak terjadi Head Losses

*Head Losses karena $Q_{hitung} < Q_{pompa}$

*Perlakuan = Kenaikan pada pompa 1 bukaan $\frac{1}{2}$ pompa 2 ditutup sampai dengan ketinggian pompa 1 bukaan penuh, pompa 2 bukaan $\frac{1}{2}$.

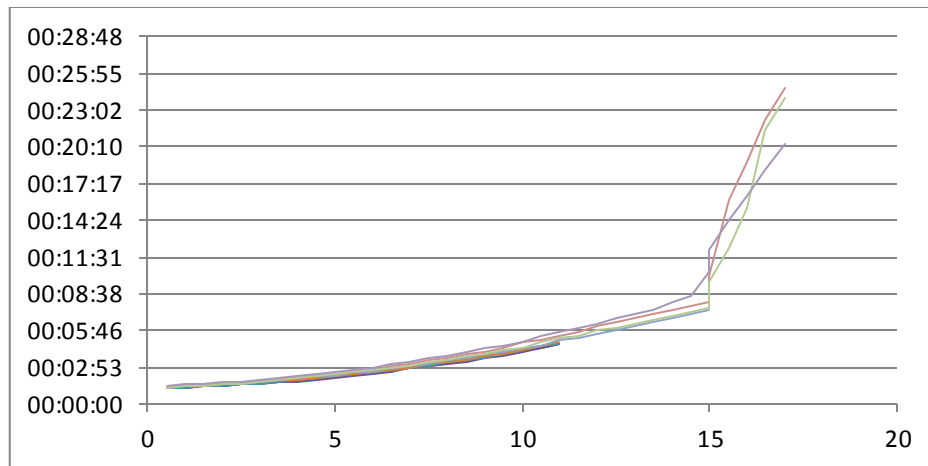
Tabel 5. Pola Aliran Pada Titik 3

Tinggi (cm)	Waktu						
	Bukaan 1			Bukaan 3/4			Bukaan 1/2
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1	Percob.2	Percob.3	Percob. 1
0.5	00:01:18	00:01:17	00:01:16	00:01:13	00:01:14	00:01:17	00:01:19
1	00:01:21	00:01:19	00:01:17	00:01:17	00:01:15	00:01:20	00:01:24
1.5	00:01:25	00:01:24	00:01:24	00:01:23	00:01:22	00:01:24	00:01:28
2	00:01:28	00:01:27	00:01:29	00:01:27	00:01:26	00:01:31	00:01:32
2.5	00:01:37	00:01:33	00:01:34	00:01:31	00:01:33	00:01:35	00:01:37
3	00:01:40	00:01:39	00:01:38	00:01:35	00:01:36	00:01:41	00:01:43
3.5	00:01:53	00:01:46	00:01:45	00:01:39	00:01:44	00:01:48	00:01:49
4	00:01:59	00:01:51	00:01:53	00:01:46	00:01:52	00:01:55	00:01:58
4.5	00:02:02	00:02:02	00:02:02	00:01:55	00:02:00	00:02:04	00:02:08
5	00:02:10	00:02:29	00:02:10	00:02:03	00:02:09	00:02:11	00:02:16
5.5	00:02:17	00:02:20	00:02:20	00:02:12	00:02:19	00:02:21	00:02:26
6	00:02:28	00:02:31	00:02:29	00:02:23	00:02:28	00:02:31	00:02:33
6.5	00:02:35	00:02:41	00:02:41	00:02:34	00:02:40	00:02:41	00:02:47
7	00:02:51	00:02:52	00:02:51	00:02:46	00:02:51	00:02:53	00:02:57
7.5	00:03:02	00:03:03	00:03:03	00:02:56	00:03:02	00:03:05	00:03:10
8	00:03:10	00:03:15	00:03:19	00:03:08	00:03:14	00:03:16	00:03:23
8.5	00:03:25	00:03:28	00:03:27	00:03:21	00:03:27	00:03:29	00:03:37
9	00:03:41	00:03:42	00:03:42	00:03:34	00:03:40	00:03:43	00:03:52
9.5	00:03:54	00:03:55	00:03:56	00:03:49	00:03:55	00:03:58	00:04:06
10	00:04:11	00:04:12	00:04:11	00:04:05	00:04:11	00:04:14	00:04:23
10.5	00:04:27	00:04:27	00:04:27	00:04:21	00:04:28	00:04:32	00:04:31
11	00:04:44	00:04:45	00:04:44	00:04:40	00:04:45	00:04:49	00:04:59
11.5							00:05:14
12							00:05:33

12.5		00:05:49
13		00:06:08
13.5		00:06:26
14		00:06:45
14.5		00:07:04
15		00:07:20

Tabel 6. Pola Aliran Pada Titik 3(lanjutan)

Tinggi (cm)	Waktu		
	Bukaan $\frac{1}{2}$ (Perlakuan)		
	Percob. 1	Percob.2	Percob.3
0.5	00:01:19	00:01:19	00:01:25
1	00:01:24	00:01:24	00:01:32
1.5	00:01:28	00:01:29	00:01:37
2	00:01:34	00:01:33	00:01:40
2.5	00:01:40	00:01:38	00:01:46
3	00:01:47	00:01:44	00:01:53
3.5	00:01:56	00:01:53	00:02:02
4	00:02:05	00:02:01	00:02:13
4.5	00:02:13	00:02:09	00:02:21
5	00:02:23	00:02:18	00:02:32
5.5	00:02:34	00:02:28	00:02:42
6	00:02:44	00:02:36	00:02:53
6.5	00:02:57	00:02:50	00:03:07
7	00:03:10	00:03:02	00:03:19
7.5	00:03:26	00:03:21	00:03:34
8	00:03:37	00:03:28	00:03:47
8.5	00:03:54	00:03:45	00:04:04
9	00:04:08	00:03:55	00:04:19
9.5	00:04:25	00:04:11	00:04:36
10	00:04:49	00:04:27	00:04:55
10.5	00:05:03	00:04:47	00:05:19
11	00:05:19	00:05:06	00:05:36
11.5	00:05:39	00:05:24	00:05:58
12	00:06:04	00:05:45	00:06:18
12.5	00:06:21	00:05:58	00:06:40
13	00:06:42	00:06:18	00:07:00
13.5	00:07:02	00:06:37	00:07:21
14	00:07:23	00:06:56	00:08:02
14.5	00:07:42	00:07:14	00:08:24
15	00:08:01	00:07:31	00:10:24
15	00:10:01	00:09:31	00:12:06
15.5	00:15:58	00:12:10	00:14:24
16	00:18:59	00:15:25	00:16:20
16.5	00:22:15	00:21:33	00:18:21
17	00:24:44	00:24:03	00:20:23



Grafik 3. Hubungan Kenaikan Muka Air Terhadap Waktu Pada Titik3

V. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan,

1. Dari percobaan bukaan 1 (penuh), $\frac{3}{4}$, dan $\frac{1}{2}$ tanpa perlakuan didapatkan hasil bahwa alirannya termasuk aliran unsteady.
2. Dari percobaan bukaan $\frac{1}{2}$ dengan perlakuan pada pompa 1 dibuka penuh dan pompa 2 dibuka $\frac{1}{2}$ didapatkan hasil bahwa alirannya termasuk aliran steady.
3. Di beberapa titik, pompa bekerja lebih keras jika $Q_{hitung} > Q_{pompa}$, karena adanya tekanan air dari hilir Tailing Flume yang besar, dan adanya gaya grafitasi dari tandon
4. Tidak terjadi head losses di semua titik, dikarenakan tidak adanya penurunan Q_{pompa}

b. Saran,

Bukaan katup yang terencana berdampak pada perubahan yang signifikan pada grafik. Penempatan bangunan air pada saluran model dapat diamati dengan baik pada semua sisi apabila dinding saluran sering dibersihkan setelah percobaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Allah SWT serta segenap Dosen dan Mahasiswa Teknik Sipil khususnya Keluarga Kelas S1 TS-C 2011 yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini hingga akhir. Dan kepada Nunung Fadylah dan Eko Febrianto yang telah membantu mengolah data ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Kartini, N. Roslinda. 2010., Unsteady Magnetohydrodynamic Mixed Convection Stagnation Point Flow of A Viscoelastic Fluid On A Vertical Surface. <http://journalarticle.ukm.my/1974/1/jqma-6-2-10-kartini.pdf>. Diakses pada 2 Desember 2012.
- Doelhomid, 1977, Hidrolika, Jakarta.
- Frank M. White, 1994, Fluid Mechanics, Mc. Graw Hill
- Giles Ranald, 1990, Fluid Mechanics and Hidraulics, Mc. Graw Hill Book Company.
- Gunawan T, 1996, Hidrolika, Delta Teknik Jakarta.
- Irianto, Djoni. 2001. Hidrolika 2, Unipress Unesa.
- Jappson, 1989, Analisis of Flow in Pipe Network, Ann Arbor Science.
- Hanif M. Chaudry, 1993, Open Chaneflow, Prantice Hall
- Hidayat, 1987, Teknik Penyehatan. Jakarta.
- Khurmi RS. 1978, A Textbook of Hidraulic, S. Chand and Company Limited.
- King, 1978, Hydraulic, Fifth Edition, John Wiley and Sons Inc.
- Modi PN, Seth, 1975, Hydraulics and Fluid Mechanics, Standard Book House, New Delhi.
- Prijantoro Dwi, 1991, Hidrolika Saluran Tertutup, Unibraw Press.
- Rolland. 1987, Fundamental of Hidraulics Engineering System, Prantice Hall Inc New Jersay.

Subramanya, 1992, Open Channel Flow, Mc Graw Hill.
Suroso, Agus. Mekanika Fluida dan Hidrolika. UMB.
Suharjo.2009., Model Numerik *1-Dimensi* Aliran di Sungai dengan Metode Differensi Hingga Skema *Staggered Grid*,
Study Kasus Kali Kemuning-Sampang
Madura.<http://www.diplomasipil.its.ac.id/ejournal/e7.5%20Jurnal%20Suharjo.pdf>. Diakses pada tanggal 1 Desember 2012.
Triatmodjo Bambang 1995, Hidrolika, Beta offset Jogjakarta.